

Особливості біоелектричної активності сітківки парного ока у хворих на регматогенне відшарування сітківки, асоційоване з відшаруванням судинної оболонки

Левицька Г. В.^{1,2}, канд. мед. наук; Храменко Н. І.², канд. мед. наук

¹ TOB Levytsky Medical Group

² ДУ «Інститут очних хвороб і
тканинної терапії ім.
В. П. Філатова НАМН України»
Одеса (Україна)

Мета. Визначити за даними ганц-фельд електроретинографії (ЕРГ) особливості біоелектричної активності сітківки на парному оці хворих на неускладнене регматогенне відшарування сітківки (PBC) та PBC, асоційоване з відшаруванням судинної оболонки (PBC+BCO).

Матеріал та методи. Обстежено 52 парних ока пацієнтів через три місяці після хірургічного лікування PBC: 32 ока з неускладненим PBC та 20 очей з PBC+BCO. Контрольну групу склали 14 осіб (28 очей). Усі пацієнти мали міопію середнього або високого ступеня. Проведено офтальмологічне обстеження і повнопольову ЕРГ відповідно до стандартів ISCEV.

Результати. На амплітуду хвилі «b» скотопічної 0,01 ЕРГ впливали фактор ступеню міопії ($F=3,83$, $p=0,01$) та фактор наявності BCO на хворому оці ($F=5,0$, $p=0,03$). На амплітуду хвилі «b» скотопічної комбінованої 3 ЕРГ впливали фактор ступеню міопії ($F=4,65$, $p=0,012$) та фактор наявності на хворому оці BCO ($F=9,18$, $p=0,005$).

У групі PBC+BCO фотопічна ЕРГ (активність центральної сітківки) показала подовження часу хвилі «a» на 14% ($p=0,005$), хвилі «b» на 12,3% ($p<0,05$), ніж в контролі. На час хвилі «a» фотопічної 3 ЕРГ впливає фактор наявності BCO ($F=10,2$, $p=0,003$): при високій міопії на парному оці при PBC+BCO цей час довше на 19% ($p=0,05$), ніж у пацієнтів без BCO. Визначено вплив фактора міопії на амплітуду хвилі «b» фотопічної 3 ЕРГ ($F=3,02$, $p=0,042$). При високій міопії на парному оці амплітуда хвилі «b» була знижена відносно контролю на 32,5% ($p=0,01$) при PBC та на 40% ($p=0,005$) при PBC+BCO. Відносно контролю амплітуда хвилі «b» на парному оці при високій міопії знижена на 32,5% при PBC та 40% при PBC+BCO ($p<0,01$).

Висновок. Виявлено суттєві відмінності у біоелектричній активності периферичної сітківки як шару фоторецепторів (паличок), так і середніх (біполярів) шарів сітківки на парному оці у хворих на PBC+BCO, порівняно з даними при неускладненому PBC. За даними проведеного дослідження парного ока хворих с однаковою мірою міопії на обох очах можна припустити, що BCO при PBC розвивається у хворих з більш вираженими порушеннями показників ЕРГ.

Ключові слова:

сітківка, судинна оболонка, відшарування сітківки, відшарування судинної оболонки, електроретинографія, міопія, дегенерація сітківки

Актуальність. Регматогенне відшарування сітківки (PBC), ускладнене (асоційоване) з відшаруванням судинної оболонки (BCO), є одним з важких захворювань ока, ефективність лікування якого та прогноз щодо відновлення зорових функцій залишається невисоким, незважаючи на значний прогрес в хірургічних технологіях. Наявність важкого BCO створює труднощі для візуалізації та ідентифікації причинних розривів сітківки, що може приводити до помилок в діагностиці первинного PBC [1, 2, 3], а висока частота розвитку післяопераційної проліферативної вітреоретинопатії у таких пацієнтів, що досягає 35,4–52,4%, значно підвищує ризик виникнення повторного відшарування сітківки. [4, 5].

Патогенетичні механізми розвитку BCO при PBC остаточно не з'ясовані. Вважають, що однією з основних етіологічних причин BCO є безпосередньо

первинне PBC, яке ініціює розвиток гіпотонії ока з наступним розширенням хоріоїдальних артерійол і трансдукцією в хоріоїдальний і супрахоріоїдальний простори збагаченої білком рідини, що може призводити до подальшого набряку і відшарування циліарного тіла [3, 6]. Певну роль в механізмах розвитку BCO також відводять процесам внутрішньоочного запалення [7, 8].

Встановлено, що факторами ризику розвитку BCO при первинному PBC є висока міопія, афакія або псевдофакія, похилий вік, а також наявність розривів сітківки в задньому відділі ока, особливо макулярних [6, 9, 10, 11].

Однак, незважаючи на відомі фактори ризику розвитку ВСО у пацієнтів з первинним РВС, досі немає чіткого розуміння, в яких випадках ВСО виникає, а в яких – ні. Рядом авторів було висунуто припущення про те, що важливу роль в цьому може грати ймовірна різниця у ступені трофічних розладів при неускладненому РВС та при його поєднанні з ВСО [8]. Можливо, що ВСО при РВС розвивається у осіб з більш вираженими дистрофічними змінами на очах, морфологічно схильних до цього ускладнення. На користь цього припущення свідчить той факт, що РВС, поєднане з ВСО, частіше зустрічається на очах з міопією високого ступеня [11], яка супроводжується структурними та функціональними змінами в задньому сегменті ока [12]. Трофічні порушення сітківки при осьовій міопії були підтверджені даними електроретинографії [13, 14]. Крім цього, встановлено, що серед населення Китаю, де значно поширена міопія високого ступеня [15], частота РВС, асоційованого з ВСО, сягає 18,9% порівняно з 0,5–4,5% випадків в європейській популяції [9].

Функціональний стан сітківки може бути оцінений за допомогою електрофізіологічних тестів, які вивчають обумовлені потоком іонів (іонним струмом) електричні властивості біологічних тканин [16, 17].

Для визначення загальних і локальних відповідей сітківки широко використовується електроретинографічне дослідження (ЕРГ) [18, 19]. При освітленні сітківки яскравим спалахом у нейрональних та не нейрональних клітинах сітківки одночасно і миттєво відбуваються зміни мембранних потенціалів, які викликають позаклітинний струм, що становить основу ЕРГ [20, 21]. Змінюючи фонове освітлення, стан адаптації ока до світла чи темряви та інтенсивність спалаху стимулу, можна викликати та ізолювати відповіді від різних відділів та структурних компонентів сітківки. Таким чином, електроретинографія надає унікальну можливість визначати зміни функціональної активності сітківки при її патологічних станах та деяких розладах, включаючи аномалії рефракції [18, 22, 23, 24].

Приймаючи до уваги все вище сказане, ми визнали доцільним провести порівняльний аналіз біоелектричної активності сітківки парного ока пацієнтів, у яких розвинулося неускладнене РВС та пацієнтів з РВС, асоційованим з ВСО.

Мета. Визначити за даними ганц-фелд ЕРГ особливості біоелектричної активності сітківки на парному оці хворих на неускладнене РВС та на РВС, асоційоване з ВСО.

Матеріал та методи

Дослідження було проведено на парних очах 52 пацієнтів (52 ока) з РВС на парному оці через три місяці після успішного оперативного лікування з приводу неускладненого РВС — 32 пацієнти (32 ока), та РВС, асоційованого з ВСО (РВС+ВСО) — 20 пацієнтів (20 очей). У всіх пацієнтів РВС сітківки розвинулося на фоні міопії середнього (3,25–6,0 дптр) та високого

(більше 6,0 дптр) ступенів. Показники рефракції парного ока були такими ж, як і на оперованому оці. На всіх очах виявлена периферична дегенерація сітківки.

Всі пацієнти були розділені на чотири групи: хворі з неускладненим РВС з міопією середнього ступеня — 21 особа (група 1) і високого ступеня — 11 осіб (група 2); хворі з РВС+ВСО, з міопією середнього ступеня — 9 осіб (група 3) та високого ступеня — 11 осіб (група 4). Групи пацієнтів з неускладненою формою РВС та РВС+ВСО не мали розбіжностей за термінами давності відшарування сітківки (відповідно $19,2 \pm 8,3$ та $17,5 \pm 13,2$ дні), видом оперативного втручання (вітректомія, лазеркоагуляція сітківки, газова тампонада перфторпропаном) та за віком (в середньому для обох груп — $53,8 \pm 17$ років).

Всі пацієнти були розділені на чотири групи: хворі з неускладненим РВС з міопією середнього ступеня — 21 особа (група 1) і високого ступеня — 11 осіб (група 2); хворі з РВС, асоційованим з ВСО, з міопією середнього ступеня — 9 осіб (група 3) та високого ступеня — 11 осіб (група 4). Групи пацієнтів з неускладненою формою РВС та ускладненою супутньою ВСО не мали розбіжностей за термінами давності відшарування сітківки (відповідно $19,2 \pm 8,3$ та $17,5 \pm 13,2$ дні), видом оперативного втручання (вітректомія, лазеркоагуляція сітківки, газова тампонада перфторпропаном) та за віком (в середньому для обох груп — $53,8 \pm 17$ років). Показники рефракції на хворому та парному оці хворих були ізоаметричними, на всіх очах було виявлено периферичну дегенерацію сітківки.

В якості контрольної групи (група 5) було обстежено 14 осіб (28 очей) такого ж віку, які не мали будь-якої офтальмологічної та соматичної патології.

У роботі були передбачені заходи щодо забезпечення безпеки та здоров'я пацієнтів, дотримання їх прав, людської гідності та моральних норм відповідно до принципів Гельсінської Декларації прав людини, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину та чинного законодавства України. Письмова поінформована згода була отримана від кожного учасника після докладного пояснення характеру дослідження. Автори вжили всіх необхідних заходів до забезпечення анонімності даних після залучення індивідуальної згоди щодо використання даних з історії хвороби.

Всім пацієнтам було проведено клінічне офтальмологічне обстеження, яке включало визначення гостроти зору, рефрактометрію, кератометрію, тонометрію, біомікроскопію, офтальмоскопію з розширеною зінцею, вимірювання передньо-задньої осьової довжини ока, визначення порогу електричної чутливості зорового нерва та критичної частоти злиття миготінь за фосфеном, оцінку центрального поля зору за даними стандартної автоматизованої статичної периметрії на периметрі Humphrey 750i (програма 24-2 SITA); у разі необхідності уточнення діагнозу проводили оптичну когерентну томографію (ОКТ) ділянки макули, диску зорового нерва та перипапільної сітківки.

Біоелектричну чутливість сітківки оцінювали за допомогою ганц-фельделектроретинографії (ЕРГ), яку проводили на комп'ютерному комплексі Retiscan (Roland Consult, Німеччина) згідно зі стандартом Міжнародного товариства клінічної електрофізіології зору (ISCEV) [25], який включав п'ять протоколів, що відрізнялися за умовами адаптації ока до світла (темно-адаптоване або світло-адаптоване) та за стимулом (силою спалаху в $\text{кд}\cdot\text{с}\cdot\text{м}^{-2}$):

1. Скотопічна 0,01 ЕРГ (відповідь паличкових біполярних клітин).

2. Скотопічна 3 ЕРГ (комбінована відповідь від фоторецепторів та біполярних клітин як паличкової, так і колбочкової систем, переважно паличкової).

3. Скотопічні осциляторні потенціали (відповіді переважно амакринових клітин).

4. Фотопічна 3 ЕРГ (відповіді колбочкової системи на поодинокі спалахи – хвиля «а» виникає від колбочкових фоторецепторів і колбочкових off-біполярних клітин; хвиля «б» походить від on- та off-колбочкових біполярних клітин).

5. Фотопічна ритмічна ЕРГ 30 Гц (відповідь колбочкової системи).

Для реєстрації ЕРГ використовували активний електрод у вигляді контактної лінзи з золотим напиленням, яку одягали на око пацієнта через 20 хвилин темної адаптації після інстиляції місцевого анестетика. В якості референтного та індиферентного електродів використовували нашікірні Golden Cup електроди. Розміщення електродів та процедура реєстрації ЕРГ проводилися відповідно до стандартів ISCEV [19, 25].

Аналіз отриманих результатів дослідження включав оцінку амплітуди та пікового часу (латентність, мс) основних компонентів ЕРГ – хвиль «а» і «б».

Статистичний аналіз отриманих даних проводили з використанням <https://www.jamovi.org/> – безкоштовного статистичного програмного забезпечення з відкритим кодом для Windows. Для оцінки нормальності розподілу застосували графічний метод гістограм розподілу та використали критерій Колмогорова-Смірнова. Номінальні дані описувалися із за-

значенням абсолютних значень та відсоткових часток. При нормальному розподілі дані об'єднувалися в варіаційні ряди, у яких проводився розрахунок середніх арифметичних величин (М) та стандартних відхилень (SD). Для перевірки рівності середніх значень в двох вибірках використовували параметричний t-критерій Стюдента. Сукупності кількісних показників, розподіл яких відрізнявся від нормального, описувалися за допомогою значень медіани (Median) та нижнього і верхнього квантилів (Qlower-upper). Для їхнього порівняння використовувався U-критерій Манна-Уїтні. Відмінності показників вважалися статистично значущими за рівнем $p \leq 0,05$. Для виявлення факторів, що характеризують зв'язок між групами ознак, використовувався дисперсійний однофакторний аналіз, основні результати якого представлені у прояві ефекту впливу за значенням F-критерію, а кореляції – за коефіцієнтами Спірмена.

Результати

Гострота зору з найкращою корекцією парних неоперованих очей хворих з високою ускладненою короткозорістю (група 3) була суттєво нижча, ніж у хворих, що мали короткозорість середнього ступеня (група 1).

Аналіз скотопічної 0,01 ЕРГ, яка є сумарною відповіддю паличкових біполярних клітин периферичної сітківки на дифузний спалах білого світла яскравістю $0,01 \text{ кд}\cdot\text{с}\cdot\text{м}^{-2}$, показав, що амплітуда хвилі «б» певною мірою була знижена у всіх пацієнтів з міопією середнього та високого ступенів. Однак статистично значуще нижче, ніж в контрольній групі, вона була лише у пацієнтів з міопією високого ступеня, які мали на другому оці РВС, асоційоване з ВСО ($p=0,006$) (табл. 2). Встановлено, що на амплітуду хвилі «б» скотопічної 0,01 ЕРГ впливали фактор ступеню міопії ($F=3,83$, $p=0,01$) та фактор наявності ВСО на хворому оці ($F=5,0$ $p=0,03$).

Скотопічна 3 ЕРГ, яка є комбінованою відповіддю фоторецепторів та біполярних клітин, переважно паличкових, на світловий спалах силою $3 \text{ кд}\cdot\text{с}\cdot\text{м}^{-2}$, відображає біоелектричну активність зовнішніх та се-

Таблиця 1. Гострота зору парного та оперованого очей хворих з неускладненим РВС та РВС+ВСО ($M \pm SD$)

Група	№ групи	n	Некоригована гострота зору	Гострота зору з найкращою корекцією
Парне око (хворе око – з РВС)	1	21	$0,22 \pm 0,23$	$0,82 \pm 0,14$
	2	11	$0,06 \pm 0,04$	$0,50 \pm 0,24$
Парне око (хворе око – з РВС + ВСО)	3	9	$0,24 \pm 0,21$	$0,72 \pm 0,26$
	4	11	$0,07 \pm 0,08$	$0,53 \pm 0,07$

Примітка. n – кількість очей; РВС – регматогенне відшарування сітківки; ВСО – відшарування судинної оболонки, $M \pm SD$ – середнє арифметичне $\pm$ стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Таблиця 2. Амплітуда хвилі «b» скотопічної 0,01 ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим РВС та РВС+ВСО

Група	№ групи	n	Амплітуда (мкВ)	
			Median	$Q_{lower} - Q_{upper}$
Парне око (хворе око – з РВС)	1	21	96,9	61,5 – 108
	2	11	54,2	26,7 – 91,5
Парне око (хворе око – з РВС + ВСО)	3	9	81,9	22,0 – 139,0
	4	11	30,1	25,6 – 33,5
Контроль	5	28	121,5	74 – 150
Рівень значущості розбіжностей			$P_{4-5} = 0,006$, $P_{2-3} = 0,05$	

Примітка. n – кількість очей; РВС – регматогенне відшарування сітківки; ВСО – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Таблиця 3. Амплітуда та час піка хвилі «а» скотопічної комбінованої 3 ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим РВС та РВС+ВСО ($M \pm SD$)

Група	№ групи	n	Час піка (мс)	Амплітуда (мкВ)	
			$M \pm SD$	Median	$Q_{lower} - Q_{upper}$
Парне око (хворе око – з РВС)	1	21	$22,4 \pm 2,1$	157	102 – 167
	2	11	$23,5 \pm 2,8$	91,3	68 – 110
Парне око (хворе око – з РВС + ВСО)	3	9	$23,2 \pm 1,7$	130	129 – 141
	4	11	$22,5 \pm 1,9$	98	60 – 150
Контроль	5	28	$20,2 \pm 2,7$	170	144 – 203
Рівень значущості розбіжностей			–	$P_{4-5} = 0,04$; $P_{2-5} = 0,005$; $P_{2-3} = 0,014$	

Примітка. n – кількість очей; РВС – регматогенне відшарування сітківки; ВСО – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма, $M \pm SD$ – середнє арифметичне $\pm$ стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

редніх шарів сітківки, в основному її периферичного відділу.

Встановлено, що час піка хвилі «а», яка відображає функціональний стан паличкових фоторецепторів, в усіх групах не відрізнявся від показників контрольної групи; також не виявлено розбіжностей між групами (табл. 3).

Амплітуда хвилі «а» була суттєво нижче, ніж в контрольній групі, на парному оці хворих з міопією високого ступеня як з неускладненим РВО на хворому оці (група 2) – на 46,5% ($p=0,005$), так і з РВС, асоційованим з ВСО (група 4) – на 42,3% ($p=0,04$). В цілому, зниження активності фоторецепторного апарату на всіх парних очах з міопією високого ступеня склало 44,4% відносно контролю. Встановлено, що на амплітуду хвилі «а» комбінованої 3 ЕРГ впливає фактор ступеню міопії у хворих ($F=5,5$ $p=0,0003$).

Хвиля «b» скотопічної комбінованої 3 ЕРГ відображає біоелектричну активність клітин середніх шарів периферичної сітківки – паличкових біполярів та клітин Мюллера. Час піка хвилі «b» комбінованої 3 ЕРГ в усіх групах хворих не відрізнявся від показників контрольної групи, також не було розбіжностей

між групами (табл. 4). Однак амплітуда хвилі «b» була нижче, ніж в контролі: у пацієнтів 2-ї групи на 33,6% ($p=0,002$), у пацієнтів 3-ї групи на 40,7%, ($p=0,007$) і у хворих 4-ї групи на 41,5% ($p=0,002$). На амплітуду хвилі «b» скотопічної комбінованої 3 ЕРГ впливали фактор ступеню міопії ($F=4,65$ $p=0,012$) та фактор наявності на хворому оці ВСО ($F=9,18$ $p=0,005$).

Показники осциляторних потенціалів (ОП), які відображають біоелектричну активність внутрішніх шарів сітківки (переважно амакринових клітин), характеризувалися наступним. Час виникнення першої хвилі ОП на парних очах хворих на РВС усіх чотирьох груп склав в середньому $24,4 \pm 3,2$ мс, що перевищувало показники контрольної групи на 16% ($p=0,004$). Амплітуда ОП була суттєво нижча, ніж в контрольній групі: на парних очах хворих 1-ї групи на 35,1% ($p=0,003$), хворих 2-ї групи на 55,4% ($p=0,0017$), хворих 3-ї групи на 46,5% ($p=0,002$) і у хворих 4-ї групи на 36% ($p=0,015$) (табл. 5). Групи хворих з РВС та РВС, асоційованим з ВСО, що мали один і той же ступінь міопії на парних очах, значущих розбіжностей за величинами часу та амплітуди ОП не мали.

Таблиця 4. Амплітуда та час піка хвилі «b» скотопічної комбінованої 3 ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим PBC та PBC+BCO

Група	№ групи	n	Час піка (мс)	Амплітуда (мкВ)	
			M±SD	Median	Q _{lower} – Q _{upper}
Парне око (хворе око – з PBC)	1	21	46,1±6,9	377	276 – 428
	2	11	50,0±3,4	262	226 – 302
Парне око (хворе око – з PBC + BCO)	3	9	42,0±8,1	234	213 – 280
	4	11	42,2±7,9	231	185 – 285
Контроль	5	28	44,7±1,3	395	374 – 435
Рівень значущості розбіжностей			–	P ₂₋₅ =0,002; P ₃₋₅ =0,001; P ₄₋₅ =0,002	

Примітка. n – кількість очей; PBC – регматогенне відшарування сітківки; BCO – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма, M±SD – середнє арифметичне ± стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Таблиця 5. Показники осциляторних потенціалів парного та оперованого очей хворих з неускладненим PBC та PBC+BCO (M±SD)

Група	№ групи	n	Час (мс)	Амплітуда (мкВ)
			M±SD	M±SD
Парне око (хворе око – з PBC)	1	21	23,5±3,5	29,1±8,3
	2	11	24,4±3,1	20,0±7,9
Парне око (хворе око – з PBC + BCO)	3	9	22,2±2,8	24,0±7,5
	4	11	22,2±1,8	28,7±12,0
Контроль	5	28	21,0±1,2	44,9±13,6
Рівень значущості розбіжностей			P ₂₋₅ =0,002	P ₁₋₅ =0,017; P ₂₋₅ =0,0007; P ₃₋₅ =0,002; P ₄₋₅ =0,015

Примітка. n – кількість очей; PBC – регматогенне відшарування сітківки; BCO – відшарування судинної оболонки, M±SD – середнє арифметичне ± стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Таблиця 6. Амплітуда та час піка хвилі «a» фотопічної 3 ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим PBC та PBC+BCO

Група	№ групи	n	Час піка (мс)	Амплітуда (мкВ)	
			M±SD	Median	Q _{lower} – Q _{upper}
Парне око (хворе око – з PBC)	1	21	16,8±0,8	20,5	9,8 – 31,4
	2	11	17,7±1,3	14,8	11,2 – 16,5
Парне око (хворе око – з PBC + BCO)	3	9	19,0±3,5	20,98	17,8 – 25,0
	4	11	21,0±4,1	22,3	16,2 – 28,5
Контроль	5	28	16,5±1,2	23	21 – 27
Рівень значущості розбіжностей			P ₂₋₅ =0,03; P ₃₋₅ =0,008; P ₄₋₅ =0,003	P ₂₋₅ =0,02	

Примітка. n – кількість очей; PBC – регматогенне відшарування сітківки; BCO – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма, M±SD – середнє арифметичне ± стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Фотопічна 3 ЕРГ відображає функціональний стан зовнішніх та внутрішніх шарів центрального відділу сітківки – колбочкових фоторецепторів (хвиля «a») та колбочкових біполярів і клітин Мюллера (хвиля «b»). Час піка хвилі «a» був подовжений в усіх чотирьох групах і в середньому склав 18,8±3,0 мс (табл. 6), що було

на 14% більше, ніж в контрольній групі (p=0,005). Також слід відзначити, що час досягнення піка хвилі «a» у пацієнтів з міопією високого ступеня, які мали PBC, асоційоване з BCO (група 4), було на 19% (p=0,05) більше, ніж у пацієнтів без BCO. Встановлено, що на час піка хвилі «a» фотопічної 3 ЕРГ на парному оці

Таблиця 7. Амплітуда та час піка хвилі «b» фотопічної 3 ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим РВС та РВС+ВСО

Група	№ групи	n	Час піка (мс)	Амплітуда (мкВ)	
			M±SD	Median	Q _{lower} – Q _{upper}
Парне око (хворе око – з РВС)	1	21	34,8±2,2	57	54 – 93
	2	11	34,8±4,3	54	42 – 66
Парне око (хворе око – з РВС + ВСО)	3	9	31,4±2,8	68	58 – 75
	4	11	33,7±12,3	48	43 – 51
Контроль	5	28	32,6±1,2	80	74 – 109
Рівень значущості розбіжностей			P ₂₋₅ =0,04; P ₃₋₅ =0,013; P ₄₋₅ =0,007	P ₂₋₅ =0,01; P ₃₋₅ =0,06; P ₄₋₅ =0,005	

Примітка. n – кількість очей; РВС – регматогенне відшарування сітківки; ВСО – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма, M±SD – середнє арифметичне ± стандартне відхилення; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

Таблиця 8. Показники фотопічної ритмічної ЕРГ парного та оперованого очей хворих з неускладненим РВС та РВС+ВСО

Група	№ групи	n	Амплітуда (мкВ)	
			Median	Q _{lower} – Q _{upper}
Парне око (хворе око – з РВС)	1	21	36	33 – 90
	2	11	39	36 – 49
Парне око (хворе око – з РВС + ВСО)	3	9	45,6	43 – 50
	4	11	40	36 – 46
Контроль	5	28	51	40 – 60
Рівень значущості розбіжностей			P>0,05	

Примітка. n – кількість очей; РВС – регматогенне відшарування сітківки; ВСО – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма; групи 1, 3 – міопія середнього ступеня; групи 2, 4 – міопія високого ступеня.

впливає фактор наявності ВСО на хворому оці (F=10,2 p=0,003).

Час досягнення піка хвилі «b» також був подовжений в усіх групах в середньому на 12,3% (p<0,05). Амплітуда хвилі «b» була знижена відносно контролю у пацієнтів з міопією високого ступеня, які мали на хворому оці неускладнене РВС (група 2) — на 32,5% (p=0,01) та РВС+ВСО, (група 4) — на 40% (p=0,005) (табл. 7). Також відзначено тенденцію до зниження амплітуди хвилі «b» у пацієнтів з міопією середнього ступеня з РВС+ВСО, на хворому оці (група 3) (p=0,06). Визначено вплив фактора міопії на амплітуду хвилі «b» фотопічної 3 ЕРГ (F=3,02 p=0,042).

Фотопічна ритмічна ЕРГ 30 Гц, яка відображає функціональний стан колбочкової системи центральної сітківки, у пацієнтів з РВС всіх чотирьох груп не показала суттєвих відмінностей від показників контрольної групи (табл. 8).

Обговорення

Висока міопія вважається суттєвим фактором ризику розвитку відшарування судинної оболонки при первинному РВС [9, 10, 11]. За даними Yu, Y. et al. [11]

ВСО при РВС у пацієнтів з міопією, у яких довжина передньо-задньої осі ока перевищувала 24 мм, зустрічалася статистично значуще (p = 0,011) частіше, ніж у хворих з довжиною передньо-задньої осі до 24 мм. Автори вважають, що при високому ступені міопії зі збільшенням аксіальної довжини ока тканини сітківки та хоріоїдеї страждатимуть від тракції та трофічної дегенерації. У разі утворення розривів сітківки розріджене скловидне тіло може проникати через них в субретинальний простір, утворюючи велику кількість субретинальної рідини, активне поглинання якої пігментним епітеліальним насосом при відшаруванні сітківки може призвести до серйозної гіпотонії. До того ж, дегенеративні зміни очного дна при високій короткозорості знижують спроможність судин хоріоїдеї протистояти змінам ВОР. Викликана відшаруванням сітківки гіпотонія призводить до уповільнення та застою кровотоку, й викликає подальше збільшення відшарування хоріоїдеї [9].

Щодо даних електроретино-графічних досліджень, які відображають стан біоелектричної активності сітківки, багатьма авторами було показано, що показники ЕРГ при міопії в тій чи іншій мірі погіршуються, при-

чому вираженість порушень зростає зі збільшенням ступеня міопії та дистрофічних змін на очному дні. Загалом порушення ЕРГ показників у дітей (середній вік 7,1 років) було виявлено у пацієнтів з високим аметропічним зором (52%) порівняно з іншими групами (23,5%). Найбільш висока частка порушень ЕРГ (53,3%) серед усіх досліджених дітей була зареєстрована при міопії високого ступеня ($\geq 6,00$ D), для порівняння частка порушень у осіб з міопією середнього та слабого ступенів складала 26% [24]. Як показали різні дослідження [26, 27, 28, 29, 30], амплітуди хвиль «а» і «b» ганц-фельд ЕРГ при міопії різних ступенів значно відрізняються зі значним зниженням амплітуди b-хвилі як в скотопічних, так і фотопічних умовах для осіб з високою міопією, однак порушення скотопічних відповідей (темно-адаптована 3,0 ERG) було більш вираженим, ніж фотопічних (адаптована до світла 3,0 і 30 Гц мерехтлива ERG).

Значне зниження амплітуди хвиль «а» і «b» спостерігалось при високій міопії з паркетною картиною очного дна порівняно з нормальними очима. Додатково до цього за наявності задньої стафіломи відзначалось подовження пікового часу хвиль а і b та зниження амплітуди ОП порівняно з очима, які мали високу міопію тільки з паркетною картиною очного дна [31].

Вважається, що важливу роль у таких змінах ЕРГ відповідей при дегенеративній міопії високого ступеня відіграють хоріоретинальні судинні порушення, дегенерація пігментного епітелію сітківки та фоторецепторів [32].

Всі пацієнти у нашому дослідженні мали короткозорість середнього та високого ступенів; рефракція на обох очах у кожного пацієнта була ізоаметропічною, тобто мала однакову величину як на оці з РВС, так і на парному оці.

За даними ЕРГ дослідження парного інтактного ока, проведеного через три місяці після оперативного лікування з приводу РВС на другому оці, було встановлено, що фактор ступеня міопії суттєво впливає на показники біоелектричної активності зовнішнього (фоторецепторного) і середніх шарів (біполярні клітини та клітини Мюллера) сітківки як периферичного, так і центрального її відділів. Тобто, при міопії високого ступеня амплітуда хвилі «b» скотопічної 0,01 ЕРГ, хвилі «а» і «b» комбінованої 3 ЕРГ та хвилі «b» фотопічної 3 ЕРГ нижча, ніж аналогічні показники при міопії середнього ступеня. Отримані нами дані узгоджуються з даними літератури щодо залежності показників ЕРГ від величини міопії [14, 26, 28, 29, 30].

Крім того, нами також була виявлена залежність деяких ЕРГ показників парного ока від наявності у пацієнта на другому оці РВС, поєднаного з відшаруванням судинної оболонки. Так, на парному оці пацієнтів, які мали РВС, поєднане з ВСО, хвилі «b» скотопічної 0,01 ЕРГ та 3 ЕРГ мали більш низьку амплітуду, ніж у пацієнтів з РВС без ВСО. Зниження амплітуди хвилі «b»

скотопічної 3 ЕРГ на парному оці пацієнтів, що мали РВС, поєднане з ВСО, спостерігалось як при міопії середнього, так і високого ступенів — на 41% відносно контрольної групи, тоді як за наявності РВС без ВСО амплітуда хвилі «b» була знижена на 33% лише у пацієнтів з високою міопією, що свідчить про більш глибоке ураження середніх відділів сітківки хворих, які мали РВС з ВСО.

Щодо величини амплітуди хвилі «а» скотопічної ЕРГ, яка відображає активність фоторецепторного апарату периферичної сітківки (паличок), вона була знижена в рівній мірі на парних очах хворих на РВС як поєднаного з ВСО, так і без нього на 44% відносно контролю лише при міопії високого ступеня.

При аналізі фотопічних ЕРГ відповідей, які відображають функціональний стан зовнішніх та середніх шарів центральної сітківки, було виявлено більш виражене уповільнення часу виникнення хвилі «а» фотопічної 3 ЕРГ у пацієнтів з міопією високого ступеня, які мали на хворому оці РВС, поєднане з ВСО.

В цілому, суттєві відмінності між групами хворих на РВС з ВСО та без нього були виявлені відносно біоелектричної активності периферичної сітківки — як шару фоторецепторів (паличок), так і середніх (біполярні) шарів сітківки, що може свідчити про те, що РВС у пацієнтів з міопією високого ступеня може супроводжуватися розвитком ВСО за наявності більш виражених дистрофічних хоріоретинальних порушень.

Поясненням встановленого факту можуть бути результати вивчення особливостей регіональної гемодинаміки таких очей. Методом реоофтальмографії була виявлена недостатність кровонаповнення оболонок ока з РВС, що ускладнювалось ВСО (на 68,7%), а також і парного ока (на 40%) у порівнянні із віковою нормою [33]. Також було встановлено зниження цих показників порівняно з відповідними при неускладненому РВС: на 33,3% на оці після відшарування та на 27% на парному оці. Ці дані свідчать про значне порушення трофіки очей з РВС, особливо у випадку супутнього відшарування судинної оболонки та в'їчастого тіла [33] і можуть бути обґрунтуванням для розробки патогенетичного лікування як на етапі перед хірургічним усуненням відшарування сітківки, так і в ранньому та віддаленому післяопераційному періоді.

Заключення. Виявлено суттєві відмінності у біоелектричній активності периферичної сітківки як шару фоторецепторів (паличок), так і середніх (біполярні) шарів сітківки на парному оці у хворих на РВС, що супроводжувалось ВСО, у порівнянні з пацієнтами з неускладненим РВС. Даний факт свідчить про більш виражені периферичні дистрофічні хоріоретинальні порушення у даної когорти пацієнтів. За даними проведеного дослідження парного ока хворих з однаковим ступенем міопії на обох очах можна припустити, що ВСО при РВС розвивається у хворих з більш вираженими порушеннями показників ЕРГ.

Література

1. Sharma T, Challa JK, Ravishankar KV, Murugesan R. Scleral buckling for retinal detachment. Predictors for anatomic failure. *Retina*. 1994;14(4):338–43.
2. Burton TC. Preoperative factors influencing anatomic success rates following retinal detachment surgery. *Transact Sec Ophthalmol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol*. 1977;83(3 Pt 1):OP499–505.
3. De Smedt S, Sullivan P. Massive choroidal detachment masking overlying primary rhegmatogenous retinal detachment: a case series. *Bull Soc Belge Ophthalmol*. 2001; 282: 51–55.
4. Girard P, Mimoun G, Karpouzas I, Montefiore G. Clinical risk factors for proliferative vitreoretinopathy after retinal detachment surgery. *Retina*. 1994; 14: 417–424.
5. Li Z, Li Y, Huang X, Cai XY, Chen X, Li S, Huang Y, Lu L. Quantitative analysis of rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment in Chinese using UBM. *Retina*. 2012;32(10):2020–5.
6. Kang JH, Park KA, Shin WJ, Kang SW. Macular hole as a risk factor of choroidal detachment in rhegmatogenous retinal detachment. *Korean J Ophthalmol*. 2008;22(2):100–3.
7. Wei Y, Wang N, Chen F, et al. Vitrectomy combined with periocular/intravitreal injection of steroids for rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment. *Retina*. 2014; 34(1): 136–14.
8. Alibet Y, Levystka G, Umanets N., Pasychnikova N., Henrich P. B. Ciliary body thickness changes after preoperative anti-inflammatory treatment in rhegmatogenous retinal detachment complicated by choroidal detachment. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*. 2017. 255(8): 1503–1508.
9. Seelenfreund MH, Kraushar MF, Schepens CL, Freilich DB. Choroidal detachment associated with primary retinal detachment. *Arch Ophthalmol*. 1974;91(4):254–8.
10. Rahman N, Harris GS. Choroidal detachment associated with retinal detachment as a presenting finding. *Can J Ophthalmol*. 1992;27(5):245–8.
11. Yu Y, An M, Mo B et al. Risk factors for choroidal detachment following rhegmatogenous retinal detachment in a chinese population. *BMC Ophthalmol*. 2016; 16: 140. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0319-9>.
12. Wong YL, Ding Y, Sabanayagam C et al. Longitudinal changes in disc and retinal lesions among highly myopic adolescents in Singapore Over a 10-Year period. *Eye Contact Lens*. 2018; 44:286–291.
13. Zahra S, Murphy MJ, Crewther ShG, Riddell N. Flash Electretinography as a Measure of Retinal Function in Myopia and Hyperopia: A Systematic Review. *Vision (Basel)*. 2023 Feb 27;7(1):15. doi: 10.3390/vision7010015.
14. Gupta SK, Chakraborty R, Verkicharla PK. Electretinogram responses in myopia: a review. *Doc Ophthalmol*. 2021 Nov 17;145(2):77–95. doi: 10.1007/s10633-021-09857-5.
15. Sun J, Zhou J, Zhao P, et al. High prevalence of myopia and high myopia in 5060 Chinese university students in Shanghai. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2012; 53: 7504–7509.
16. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D et al. Vision: the eye. In: Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D et al (eds) *Neuroscience*, 3rd edn. Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts (USA), 2004. pp 229–257.
17. Quinn N, Csincsik L, Flynn E et al. The clinical relevance of visualising the peripheral retina. *Prog Retin Eye Res*. 2019; 68:83–109.
18. Robson AG, Nilsson J, Li S et al. ISCEV guide to visual electrodiagnostic procedures. *Doc Ophthalmol* 2018; 136:1–26
19. McCulloch DL, Marmor MF, Brigell MG et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). *Doc Ophthalmol*. 2015. 130:1–12.
20. Frishman LJ. Origins of the electroretinogram. In: Heckenlively JR, Arden GB (eds). *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision*, 2nd edn. The MIT Press, Cambridge, MA, 2006. pp 139–183.
21. Perlman I. The Electroretinogram: ERG. In: Kolb H, Fernandez E, Nelson R (eds) *Webvision: the organization of the retina and visual system*. University of Utah Health Sciences Center, Salt Lake City (UT), 2020. pp 1371–1412.
22. Robson AG, Frishman LJ, Grigg J, Hamilton R, Jeffrey BG, Kondo M, Li S, McCulloch DL. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2022 update). *Doc Ophthalmol*. 2022 Jun;144(3):165–177. doi: 10.1007/s10633-022-09872-0
23. Wu De Zheng, Liu Yan. Atlas of testing and clinical application for Roland Electrophysiological Instrument. Beijing-Science and Technology Press, 2006. p.5–19.
24. Flitcroft DI, Adams GG, Robson AG et al. Retinal dysfunction and refractive errors: electrophysiological study of children. *Br J Ophthalmol*. 2005. 89: 484–488].
25. Marmor MF, Fulton AB, Holder GE, Miyake Y, Brigell M, Bach M. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2008 update). *Doc Ophthalmol* (2009) 118:69–77 DOI 10.1007/s10633-008-9155-4
26. Westall CA, Dhaliwal HS, Panton CM et al. Values of electroretinogram responses according to axial length. *Doc Ophthalmol*. 2001; 102:115–130
27. Koh V, Tan C, Nah G et al. Correlation of structural and electrophysiological changes in the retina of young high myopes. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2014; 34:658–666
28. Kader MA. Electrophysiological study of myopia. *Saudi J Ophthalmol*. 2012; 26:91–99
29. Perlman I, Meyer E, Haim T et al. Retinal function in high refractive error assessed electroretinographically. *Br J Ophthalmol*. 1984; 68:79–84
30. Wang P, Xiao X, Huang L et al. Cone-rod dysfunction is a sign of early-onset high myopia. *Optom Vis Sci*. 2013; 90:1327–1330
31. Ishikawa M, Miyake Y, Shiroyama N. Focal macular electroretinogram in high myopia. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi*. 1990; 94:1040–1047.
32. Blach RK, Jay B, Kolb H. Electrical activity of the eye in high myopia. *Brit J Ophthalmol*. 1966; 50:629–641.
33. Храменко НІ, Уманець ММ, Розанова ЗА, Левицька ГВ. Стан гемодинаміки ока у хворих з регматогенним відшаруванням сітківки, ускладненим відшаруванням судинної оболонки. *Офтальмол. журн*. 2021; 5: 28–34.

Відомості про авторів та розкриття інформації

Автор листування: Левицька Галина Василівна – retinalevytska@gmail.com

Авторський внесок. Левицька Г.В. – проектування та розробка концепції дослідження, збір та аналіз даних, написання, рецензування та редагування рукопису; Храменко Н. І. – збір, аналіз та інтерпретація даних,

написання та редагування рукопису. Усі автори прочитали та схвалили остаточний варіант рукопису.

Відмови від відповідальності. Погляди, висловлені в поданій статті, є власними, та не є офіційною позицією установи. Схвалення з питань етики не було потрібним. Форми інформованої згоди не були отримані через ретроспективний характер дослідження.

Джерела підтримки. Відсутні.

Конфлікт інтересів. Автори засвідчують про відсутність конфлікту інтересів, які б могли вплинути на думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукопису.

Джерела підтримки. Робота є складовою частиною НДР «Розробити і удосконалити способи хірургічного лікування циліохоріоїдального відшарування, що розвинулося після травми і на фоні регматогенного відшарування сітківки» (держреєстрація № 0113U001662).

Заява про етичні норми. Дослідження проводилися за участю людей. Дослідження схвалені місцевим комітетом з біоетики, протокол №1 від 29 червня 2015 року. Було передбачено заходи щодо дотримання основних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини та відповідності чинному законодавству України.

Заява про доступність даних. Всі дані, отримані або проаналізовані під час цього дослідження, включені в цю опубліковану статтю.

Список скорочень. РВС – регматогенне відшарування сітківки, ВСО – відшарування судинної оболонки, ЕРГ – електроретинограма, М – середнє арифметичне, SD – стандартне відхилення, ОП – осциляторних потенціалів.

Надійшла 13.06.2025